



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRIARIAS Y FORESTALES

**TRABAJO FINAL DE LA CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL**

**“Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa arbórea  
en un predio ubicado en la región del Parque Chaqueño  
húmedo, Argentina”**

Alumno: Andrés Urdapilleta

Legajo: 26347/7

Director: Ing. Ftal. Gustavo Acciaresi

Codirector: Dr. Juan Manuel Cellini

# **“Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa arbórea en un predio ubicado en la región del Parque Chaqueño húmedo, Argentina”**

## **Resumen**

Los bosques nativos ofrecen oportunidades para mitigar en parte los efectos previstos del cambio climático y son considerados sumideros de carbono debido a su capacidad de almacenar carbono en su vegetación y suelos a través del proceso de fotosíntesis y respiración. Las estimaciones del carbono almacenado o *stocks de carbono* son una información base para comenzar la evaluación de la capacidad de fijación de un bosque. La región del Chaco Argentino es la región forestal más extensa de la Argentina, representando el 41 % de la superficie forestal nacional y el 22 % de la superficie continental del país. El presente trabajo estimó el carbono almacenado en la biomasa arbórea aérea y subterránea de distintas especies forestales en la localidad de Laguna Patos, ubicada en el Parque Chaqueño húmedo, mediante información proveniente del inventario forestal realizado por profesionales de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Se estimaron valores de alrededor de 47,82 tn C/ha almacenadas en la biomasa arbórea, cifra que implica alrededor de 159,85 tn CO<sub>2</sub> e/ha y un potencial de pérdida de emisiones por deforestación de 97030,97 tn CO<sub>2</sub> (= 0.1 Mt CO<sub>2</sub>)

## Contenido

1	Introducción.....	5
1.2.	Objetivo .....	9
2	Materiales y métodos .....	9
2.1	Área de estudio .....	9
2.2	Vegetación Predominante.....	10
2.3	Análisis histórico de la región.....	12
2.4	Características sociales y culturales .....	13
2.5	Planificación del inventario.....	14
2.5.1	Área de muestreo. ....	14
2.5.2	Método de muestreo .....	14
2.5.3	Medición de los árboles.....	15
2.6	Análisis de datos.....	16
2.6.1	Identificación de especies .....	16
2.6.2	Análisis de Biodiversidad.....	16
2.6.3	Estimación de la Biomasa arbórea .....	18
2.6.4	Estimación de volumen .....	18
2.6.5	Densidad de las especies.....	19
2.6.6	Estimación del carbono almacenado. ....	22
2.6.7	Cálculo del CO <sub>2</sub> e.....	22
2.7	Análisis estadístico. ....	23
3	Resultados.....	24
3.1	Análisis de Biodiversidad.....	24
3.1.1	Riqueza y abundancia de especies arbóreas.....	24
3.2	Índices de diversidad.....	24
3.3	Densidad.....	25
3.3.1	Evolución del peso durante el secado.....	25
3.4	Estimación del volumen .....	25
3.5	Estimación de biomasa .....	25

3.6	Estimación de Carbono almacenado.....	26
3.6.1	Contenido de carbono (%) por especie.....	26
3.7	Estimación del CO <sub>2</sub> e .....	27
3.7.1	Emisiones potenciales de CO <sub>2</sub> e por deforestación. ....	27
3.7.2	Comparación de emisiones .....	28
4	Discusión .....	29
4.1	Biodiversidad.....	29
4.1.1	Riqueza y abundancia relativa. ....	29
4.1.2	Índices de diversidad.....	30
4.2	Biomasa .....	31
4.2.1	Comparación con otros autores.....	31
4.3	Carbono almacenado .....	32
4.3.1	Comparación con otros autores.....	32
4.3.2	Carbono almacenado según especies .....	33
4.3.3	Evaluación del almacenaje de carbono.....	33
4.4	CO <sub>2</sub> fijado/ Emisiones potenciales por deforestación.....	34
4.5	Evaluación de la metodología empleada .....	35
5	Conclusiones .....	35
6	Agradecimientos .....	37
7	Bibliografía .....	38
8	Anexo .....	44
8.1	Tablas .....	44
8.2	Gráficos .....	56
8.3	Figuras .....	60

# 1 Introducción

Los bosques juegan un papel crucial en el ciclo biogeoquímico de los elementos necesarios para la vida y en el mantenimiento del equilibrio atmosférico global, proporcionando un sinnúmero de valiosos bienes y servicios a la sociedad (Manrique et al., 2009). El concepto de Servicios ambientales, se ha desarrollado lentamente en todo el mundo desde finales de los años cincuenta, y adquirió mayor fuerza en los años setenta (Rosa et al., 2003). La ley 26331 “Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos” en su artículo 5, define a los servicios ambientales como “los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas del bosque nativo, necesarios para el concierto y supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para mejorar y asegurar la calidad de vida de los habitantes de la Nación beneficiados por los bosques nativos” (Ley 26.331, 2007). De acuerdo con Bishop y Landell-Mills, (2002) los bosques proveen una gran cantidad de servicios ambientales que pueden ser distribuidas en tres categorías: Secuestro de carbono, Conservación de la biodiversidad y Protección de las cuencas Hidrográficas. De estos tres, el secuestro de carbono es uno de los servicios ambientales que más se ha avanzado en su investigación en las últimas décadas.

A fines de la década de los 70, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a partir de una serie de conferencias, alerta sobre las consecuencias de un eventual cambio climático a nivel global producto de una fuerte acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera. Estos GEI provienen de dos fuentes principalmente: emisiones provenientes del sector industrial y de las deforestaciones de los bosques nativos. Posteriormente, con la firma del Protocolo de Kyoto (PK) en la 3ª Conferencia de las Partes (COP V, UNFCCC, 1997),

los países desarrollados se comprometen a reducir las emisiones domésticas de gases de efecto invernadero (GEI), y de manera complementaria en países en desarrollo (firmantes del PK) hospedantes de proyectos generadores de “certificados de reducción de emisiones” (CERs) (Canadell et al., 2000). El manejo de la vegetación como sumidero de carbono, fue incluido en algunos artículos del PK, que representa una considerable ampliación del alcance de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) al incluir a los bosques nativos en su carácter de secuestrador de carbono.

El Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático (IPCC) define al Secuestro de carbono como un “Proceso de aumento del contenido en carbono de un depósito de carbono que no sea la atmósfera. Desde un enfoque biológico, incluye el secuestro directo de dióxido de carbono de la atmósfera mediante un cambio en el uso de las tierras, forestación, reforestación, y otras prácticas que mejoran el carbono en los suelos agrícolas” (IPCC, 2001). La CMNUCC (1992) destaca “la función y la importancia de los sumideros y los depósitos naturales de gases de efecto invernadero (GEI)” en la búsqueda global de la mitigación del cambio climático. En este sentido, cobra vital importancia el papel de los bosques nativos en su función de sumideros o “stocks” de carbono. El secuestro de carbono en la actividad forestal está basado en dos grandes enfoques: absorción activa en la nueva vegetación y emisiones evitadas de la vegetación existente. El primer enfoque incluye cualquier actividad que involucre la plantación de nuevos árboles (tales como forestación, reforestación o Agroforestería) o el incremento de las tasas de crecimiento (tales como las prácticas silviculturales mejoradas). También incluye la sustitución de combustibles fósiles por biomasa producida de manera sostenible. El segundo enfoque comprende la prevención o reducción de la deforestación y el cambio de uso de la tierra o la

reducción en el daño a los bosques existentes. Esto puede involucrar la conservación forestal directa o métodos indirectos tal como el incremento de la eficiencia de la producción de los sistemas agrícolas o mejorando la eficiencia en el uso de los recursos de leña pues ambos reducen la presión sobre los bosques (Franquis e Infante, 2008).

Según Brown et al. (1996), la cuantificación de carbono representaría la cantidad potencial de carbono que podría ser liberado a la atmósfera, o conservado y fijado en una determinada superficie cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero. La estimación del carbono fijado por un sistema forestal depende de la variable biomasa, la cual representa la cantidad total de materia orgánica vegetal viva almacenada en las porciones aéreas y subterráneas del ecosistema por unidad de área en un momento dado, expresada en  $\text{g/m}^2$  o  $\text{t/ha}$  (Brown y Lugo, 1984; Clark et al., 2001). Existen dos grupos de metodologías para la estimación de la biomasa de un bosque: i) directas o destructivas e ii) indirectas o no destructivas. La elección de cualquiera de ellas dependerá en cada caso del objetivo propuesto; de los recursos disponibles; del nivel de precisión requerido, entre otros aspectos (Castro et al., 1996). Los métodos no destructivos o indirectos se basan en la utilización de ecuaciones matemáticas, generalmente alométricas, o de tablas que expresan la biomasa de cualquier componente del árbol en función de características fácilmente medibles como el diámetro a la altura del pecho y la altura total (Brown, 1997). Estos métodos poseen la ventaja de evitar la medición de la biomasa en el campo, lo cual requiere un trabajo relativamente importante y un gran número de manipulaciones (Rondeux, 2010). Por otra parte, se evita la ardua tarea de apear, trozar y pesar un número importante de árboles para la determinación de la biomasa. Actualmente, hay un considerable interés

en Argentina y otros países del mundo en la realización de las estimaciones de biomasa y carbono, ya que el carbono retenido por un ecosistema es el 50% del valor de biomasa de ecosistemas terrestres (IPCC, 1996).

Estas estimaciones del carbono almacenado en nuestros bosques resultan de mucha utilidad como información base, ya que los acuerdos internacionales como el PK indican la necesidad de que los gobiernos que adhieren al mismo reporten el estado de sus bosques nacionales (Manrique et al., 2009). Sin embargo, los cambios de usos del suelo de los ecosistemas forestales atentan contra el cumplimiento de los acuerdos internacionales. La Dirección de Bosques, dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, en un informe de análisis del año 2014 destaca un porcentaje de pérdida anual de bosques nativos en la Argentina del 0,49%, contabilizándose 190.589 hectáreas de bosque perdidas en ese año, entre tierras forestales y no forestales (MAyDS, 2017). Esta situación conlleva no solo a la pérdida de la función que actualmente desempeñan los bosques nativos; sino también conduce a la liberación del carbono almacenado en la madera como CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera.

La localidad de Laguna patos, ubicada en el Departamento de Bermejo, extremo oriente de la provincia del Chaco, posee en su composición social diversas comunidades pertenecientes a la etnia Qom quienes realizan un manejo del bosque nativo de carácter comunitario. Los principales usos que la comunidad le otorga a la madera extraída del bosque son aquellos destinados a la construcción de viviendas, transportes, para el uso hogareño (cocina, herramientas, medicina) y eventualmente para la venta de leña en el mercado informal. Esta región, al igual que muchas otras zonas de la Argentina ha sufrido históricamente una fuerte degradación en sus ecosistemas boscosos producto de efectos antrópicos de cambio de uso del suelo. En



este contexto la cuantificación de carbono podría contribuir a sumar una herramienta más en la lucha por el uso sostenible de los bienes naturales y en la obtención de un mayor bienestar por parte de las comunidades que los integran. Evitar la pérdida de bosques naturales representaría, entonces, una estrategia de reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera, donde la participación de la comunidad local para asegurar dicha acción podría ser considerada como un beneficio ambiental neto hacia la sociedad en su conjunto.

El objetivo de este trabajo fue realizar una estimación del carbono almacenado en la biomasa arbórea a partir de datos obtenidos del inventario lote 277; realizado por profesionales del INTA y la Secretaría de Ambiente del Chaco con el apoyo y la coparticipación de integrantes de las comunidades de Laguna Patos; en el marco de una estrategia de mínima intervención y alteración de la dinámica ecológica del bosque nativo.

## **1.2. Objetivo**

Realizar la cuantificación del carbono proveniente de la biomasa arbórea en un predio boscoso forestal con el propósito de conocer la potencialidad de esta captura en términos de servicios ambientales.

## **2 Materiales y métodos**

### **2.1 Área de estudio**

El área de estudio objeto de este Trabajo Final se halla situada en la localidad de Laguna Patos, departamento de Bermejo, Provincia del Chaco (figura 1), en donde distintas comunidades Qom realizan un uso sustentable del Bosque nativo.

Esta área se corresponde con la región fitogeográfica del Parque Chaqueño, puntualmente en la llamada zona del Chaco húmedo o Zona oriental húmeda.

Según Tortorelli (2009), esta zona posee un clima cálido y variablemente húmedo a seco; la estación estival abarca unos 7 meses, de octubre a abril y los valores del factor precipitación están comprendidos entre los 900 mm y los 1.100 mm. La temperatura media anual es de 19°- 23°C, con máximas en verano de 40°C y mínimas de 3°C.

## **2.2 Vegetación Predominante**

Esta región se corresponde en gran parte con lo que Morello y Adámoli (1974) denominan las subregiones del Chaco de esteros, cañadas y selvas de ribera. Aquí la vegetación es más heterogénea formada por varios tipos de bosques, pastizales y pajonales conformando un mosaico de paisajes vinculados a la topografía, características del suelo y escurrimiento de las aguas. También se observan muchos ambientes lénticos y lóticos, permanentes y estacionales.

Entre los paisajes o fisonomías más características de esta región se encuentran:

a. La **selva en galería** o **bosques Higrófilos**, estos bosques riparios ocupan sobre los albardones una estrecha franja a ambos lados del río, conformando una densa agrupación de árboles, arbustos, enredaderas, hierbas y epífitas; se pueden observar aquí dos estratos arbóreos, el estrato superior compuesto por ejemplares altos, superiores a 12 metros, que pueden llegar a los 25 metros de altura, entre los

que predominan el lapacho (*Handroanthus spp.*), ivirá-pitá (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), palo piedra (*Diplokeleba floribunda* N.E.Br.), palo lanza (*Phyllostylon rhamnoides* Taub.), espina corona (*Gleditsia amorphoides* (Griseb.) Taub.), guayacán (*Caesalpinia paraguariensis* (Parodi) Burkart), timbó colorado u oreja de negro (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong); en tanto que el estrato inferior, entre 8 y 12 metros de alto, está integrado por árboles bajos y arbustos como las palmeras pindó (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman) y mbocayá (*Acrocomia totai* Mart.) con fuertes espinas en su estípite, el tembetarí (*Fagara spp.*), aguay (*Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.), ñangapirí (*Eugenia uniflora* L.), guabiyú (*Eugenia pungens* Berg.) (Alberto, 2006.).

En el sotobosque donde los niveles de humedad son altos, predominan las bromeliaceas, principalmente los cardos caraguatá (*Pseudananas macrodontes* (E.Morren) Harms), el chaguar o cardo gancho (*Bromelia serra* Griseb.) y el cardo chuza (*Aechmea distichantha* Lem.)

Los terrenos más altos, no inundables, caracterizados por condiciones de menor humedad y suelos más básicos, están representados por comunidades climax de bosques de quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae* Engl.) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl.) a veces asociados a otras especies, también de portes importantes, como el guayacán (*Caesalpinia paraguariensis* (Parodi) Burkart), palo piedra (*Diplokeleba floribunda* N.E.Br.), palo lanza (*Phyllostylon rhamnoides* Tabú.) y urunday (*Astronium balansae* Engl.) (Alberto, J. A.2006.).

b. El **Bosque bajo abierto**, formado por árboles de menor porte y arbustos, en general con un predominio de leguminosas del género *Prosopis* y *Acacia* como Algarrobos (*Prosopis alba* y *P. nigra*), ñandubay o espinillos (*Prosopis algarrobilla*

Gris.), aromitos o churquis (*Acacia caven* (Molina) Molina), tuscas o aromito (*Acacia aroma* Hook. & Arn.), uñas de gato, ñapindás negros o garabatos (*Acacia praecox* Gris.), acompañados por ejemplares de talas (*Celtis spp.*), molles (*Schinus spp.*), chañares (*Geoffroea decorticans* (H. et Ar.) Burk), membrillos de monte (*Capparis tewediana* Eichl.), granaditas o quebrachillos (*Acanthosyris Spinescens* Griseb.), Martín Gil, palo cruz (*Tabebuia nodosa* Griseb.) (Alberto, 2006.).

c. Las **Sabanas**, por su parte, conforman un paisaje dominado por hierbas medias y altas, imperando las Gramíneas (*Elionurus spp*, *Andropogon spp*, *Spartina spp*, *Paspalum spp*, *Aristida spp*, etc.) acompañadas por otras herbáceas y sufrútices, siendo comunes varias especies de las familias compuestas, leguminosas, euforbiáceas, malváceas y rubiáceas.

El componente leñoso, hacia el eje fluvial Paraguay – Paraná, está constituido principalmente en suelos alcalinos por palmares de Caranday (*Copernicia alba Morong.*), mezcladas con ejemplares de árboles bajos y arbustos, aislados o formando isletas boscosas, como algarrobos (*Prosopis spp.*), Chañares (*Geoffroea decorticans* (Hook. & Arn.) Burkart), talas (*Celtis spp.*), molles (*Schinus spp.*) y granaditas o quebrachillos (*Acanthosyris spinescens* Griseb.) entre otros.

### **2.3 Análisis histórico de la región**

En el año 1882 se funda en el departamento de Bermejo, a pocos kilómetros de la localidad de La Leonesa, uno de los ingenios azucareros más grande del país, el "Ingenio Azucarero Las Palmas del Chaco Austral" de firma irlandesa. Este emprendimiento agroindustrial significó un punto de inflexión en el desarrollo de la región a nivel económico y social incorporando grandes cantidades de mano obra local, entre ellos inmigrantes de diversos países y comunidades originarias de la zona.

El ingenio llegó a contar con más de 100.000 mil hectáreas obtenidas a partir de concesiones del gobierno provincial, donde se plantó la caña de azúcar para su explotación. Posteriormente, se desmontó el bosque nativo para la extracción del tanino y se sumaron otras producciones como la del algodón.

El proceso de quiebra del Ingenio, que comenzó en 1971 y finalizó con el remate de las propiedades en 1993, tras la implementación de políticas neoliberales que derivaron en la privatización de este complejo, supuso la eliminación de la principal fuente de trabajo de la localidad (Rozkiewicz y Zilio, 2010). A fines de 1991 se despidieron de forma masiva cerca de 1200 trabajadores, significando un golpe muy duro para el desarrollo de las localidades de La Leonesa y Las Palmas. Sin embargo, la herencia recibida luego de la quiebra del ingenio no solo impactó a nivel social, sino que además implicó un costo muy grande a nivel ambiental con la explotación y degradación de los recursos boscosos, pérdida de ambientes naturales, fauna, entre otros perjuicios relevantes.

Las poblaciones originarias de la zona, pertenecientes a la etnia Qom, han sido testigo del proceso de extranjerización de las tierras. Primero sufrieron el despojo de sus tierras y son tomadas como mano de obra dentro del ingenio. Una vez en quiebra el ingenio se enfrenta a la desocupación y a recursos sobre explotados.

## **2.4 Características sociales y culturales**

En el predio descripto habitan varias comunidades a saber: Lapel Huotaxañilay, Pindó, Yatay y Nuevo Asentamiento (Figura 2) todas pertenecientes a la etnia Qom. Estas comunidades poseen la tenencia comunitaria del predio de Laguna Patos y trabajan en conjunto con profesionales de distintas instituciones y organizaciones

sociales como el INCUPO (Instituto de la Cultura Popular), el INTA y la Dirección de Bosques (INCUP, 2014)

En 2012 fue aprobado el Proyecto de Manejo Forestal Sostenible Laguna Patos por la Dirección de Bosques, Secretaría de Medio Ambiente. Es uno de los primeros proyectos de esa naturaleza, aprobado para una Comunidad Qom lo cual representa un gran logro para la misma. Específicamente, ellos desean valorizar su territorio y poder aprovechar los recursos naturales sin dañar al medio ambiente. (INCUP, 2014).

## **2.5 Planificación del inventario.**

### **2.5.1 Área de muestreo.**

Para la cuantificación del CO<sub>2</sub> fijado se trabajó con el inventario forestal del lote 277 del predio de Laguna Patos realizado en el 2014 por el Ing. Rolando Tevez, técnico de la Secretaría de Ambiente y participante de la Organización INCUP, en conjunto con las comunidades originarias de Laguna Patos.

Los bosques identificados en el lote Laguna Patos son Bosques en Galería en dos estados diferentes a saber:

- Bosque en Galería Secundario: 122 hectáreas
- Bosque en Galería en Regeneración: 259 hectáreas

Además, se consideraron los palmares puros como formación muestreada cuya superficie aproximada es de 236 hectáreas (tabla 1).

Estas tres clasificaciones fueron tenidas en cuenta para establecer la estratificación del lote y para la posterior instalación de las parcelas (Figura 3).

### **2.5.2 Método de muestreo**

El muestreo se realizó mediante el método al azar estratificado (Tevez, 2012). La ubicación de los puntos potenciales de muestreo (PPM) se distribuyó de manera aleatoria utilizando el software QGIS. Cada unidad de muestreo (UM) contuvo una parcela A de forma circular y concéntrica, y cuatro subparcelas B (N, E, S y O) circulares posicionadas en cruz (figura 4). La parcela A contó con una superficie total de  $1.000 \text{ m}^2$  (17,8 metros de radio). En ella se midió todos los individuos leñosos nativos y exóticos, vivos y muertos en pie, con fustes con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 centímetros. Para la medición de la regeneración natural se utilizó las subparcelas B (N, E, S y O). Las mismas tuvieron sus centros a 17,8 metros del centro de la parcela principal, en las tangentes Norte, Este, Sur y Oeste del límite de la misma. El radio de cada una fue de 2 metros, cubriendo una superficie de  $12,6 \text{ m}^2$  (total cubierta por las cuatro subparcelas fue de  $50,3 \text{ m}^2$ ). En las mismas se realizó un conteo por especie de todos los individuos leñosos con fustes de DAP menor que 5 centímetros y altura total mayor o igual a 1,50 metros (MAYDS, 2018)

### **2.5.3 Medición de los árboles**

La medición a campo se realizó con el apoyo y la coparticipación de miembros de la comunidad de Laguna Patos. Para ello se desarrolló una jornada de capacitación en el uso de los instrumentos de mensura forestal. En dicha jornada se definieron las especies a inventariar y las variables medibles. Se realizaron prácticas de uso de los instrumentos y se formaron los equipos de trabajo. Los datos recabados durante el muestreo fueron DAP (diámetro a la altura del pecho), altura del fuste y altura total (Tevez, 2012). Para el objetivo de este Trabajo Final se tomó los datos provenientes de las parcelas “A” de cada UM. Se analizó 12 parcelas en total.

## **2.6 Análisis de datos**

### **2.6.1 Identificación de especies**

La identificación de especies fue el paso preliminar en el análisis del inventario del lote 277. Se buscó por medio de esto la eliminación de ambigüedades generada por la presencia de distintos nombres vulgares de las especies inventariadas. Para ello se recurrió a la bibliografía específica de la zona en cuestión. Entre ellos se destacó la plataforma virtual The Plant list ([www.theplantlist.org](http://www.theplantlist.org)), el libro “Maderas y bosques argentinos” (Tortorelli, 1956) y el inventario forestal de la región del chaco (Ministerio de la Producción, 2005). Se identificó 27 especies en total con su correspondiente nombre científico (Tabla 2). En todos los casos se respetó los nombres originales identificados en el inventario lote 277.

### **2.6.2 Análisis de Biodiversidad**

Dada la alta variedad de especies leñosas muestreadas, resultó útil contar con datos que nos den una magnitud de la riqueza que encierra el área estudiada. Según Jeffries (1997) la riqueza en términos de diversidad hace referencia al "número de especies en una comunidad de organismos". La diversidad de especies a su vez, está íntimamente relacionada con la diversidad de los ecosistemas. Se puede pensar como bien propone Giménez (2001) que la biodiversidad de la vegetación leñosa, como elemento estructural principal de un ecosistema, se encuentre relacionada positivamente con la biodiversidad total.

Para cada uno de las parcelas se determinó riqueza de especies (número de especies presentes) y su abundancia proporcional. A su vez se estimó dos índices de biodiversidad, el índice de Margalef y el índice de Simpson.



### 2.6.2.1 Índices de Diversidad

El índice de Margalef ( $D_{mg}$ ) mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1969):

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S= Número de especies

N= Número total de individuos

Valores del índice de Margalef inferiores a 2,0 son relacionados con zonas de baja Biodiversidad y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta Biodiversidad (Margalef, 1995).

El índice de Simpson (S) analiza la dominancia y la diversidad de las especies en las parcelas muestrales. En términos estrictos, este índice determina la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Simpson, 1949):

$$D_{si} = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Donde:

Pi: Igual a la proporción entre ni y N.

ni: número de individuos de la especie i.

El índice de dominancia de Simpson muestra resultados entre 0 a 1 en el cual los valores cercanos a 1 explican la dominancia de una especie por sobre las demás; son ecosistemas más homogéneos (Campo y Duval, 2014).

### **2.6.3 Estimación de la Biomasa arbórea**

Para la estimación de la biomasa arbórea se utilizó un método indirecto no-destructivo. Se tomó valores de DAP y altura de cada uno de los individuos del inventario para el cálculo del volumen arbóreo mediante la utilización de ecuaciones volumétricas. Finalmente, el valor de biomasa surgió de multiplicar el valor de volumen de cada individuo por la densidad específica de la madera.

Como se fundamentó previamente, la ventaja de este método para este caso en particular fueron muchas. Por un lado, se contó con datos provenientes del inventario forestal Lote 277, con lo cual se ahorró tiempo y trabajo. Por otro lado, teniendo en cuenta que se trata de un área que históricamente sufrió un proceso de tala extractiva, se evitó la destrucción de ejemplares arbóreos para el cálculo de los valores de biomasa.

### **2.6.4 Estimación de volumen**

Se estimó el volumen de madera para todas las especies presentes en el inventario utilizando ecuaciones volumétricas provenientes de distintas fuentes (tabla 2). Una dificultad encontrada en este apartado fue la falta de ecuaciones específicas para muchas de las especies forestales. A esto se sumó la falta de adecuación de las mismas a cada zona fitogeográfica en particular. Para resolver esta restricción se decidió la utilización de ecuaciones volumétricas que prioricen la especie sobre la región fitogeográfica. La principal bibliografía de consulta utilizada para esta etapa fue

el trabajo final *Recopilación de ecuaciones de volumen y biomasa de especies forestales de la República Argentina* (Maggio, 2014). Además, se realizaron búsquedas en bases de datos digitales como la plataforma Globalloometree (<http://www.globalloometree.org/>). También se utilizó ecuaciones provenientes de inventarios forestales provinciales realizados en la región del Chaco (Ministerio de la producción, 2005).

Algunas especies, tales como Bauhinia, Ficus y Ombú, no contaron con ecuaciones de volumen en la bibliografía consultada. Para resolver esta dificultad se tomaron datos a campo de ejemplares con diámetros similares a los inventariados para el cálculo del volumen. Se midió el perímetro de cada uno de los ejemplares desde la base de los mismos hasta llegar a la punta de la copa y a partir de ahí con 1 metro de diferencia. Con estos datos posteriormente se realizó una cubicación con la fórmula de Smalian (Gasparri y Manghi, 2004).

Para la especie Garabato negro se recurrió directamente a una ecuación para el cálculo de la biomasa, citada por Maggio (2014). Por último, para el caso de las palmeras (Pindó y Palma) se utilizaron ecuaciones del volumen de un cilindro.

### **2.6.5 Densidad de las especies**

El cálculo de la biomasa requirió de datos de densidad específica de cada una de las especies estudiadas. La densidad es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia (Schackelford, 2008) La densidad utilizada fue la obtenida de madera secada al ambiente, es decir la densidad de la madera con un 12% de humedad remanente. Para la obtención de los valores de densidad de cada una de las especies, se recurrió a bibliografía específica, entre las cuales se destaca un documento sobre densidades de la madera de especies

nativas elaborado por el INTI-CITEMA (Atencia, 2004) y el libro Maderas y Bosques Argentinos (Tortorelli, 1956). Muchas especies no cuentan con estudios sobre su densidad, esto puede deberse, entre otras cosas que se trata de especies de escaso valor comercial. Este fue el caso de las especies Palma y Pindó para las cuales se recolectó material leñoso a campo para la estimación de la densidad en laboratorio.

#### **2.6.5.1 Recolección de muestras a campo**

Las muestras para el análisis de densidad fueron extraídas del predio Laguna Patos con la ayuda de los habitantes de la comunidad. Se recorrió los distintos predios del territorio identificando las especies con la ayuda de bibliografía específica y con el conocimiento de los habitantes de la comunidad. Se seleccionó trozas cilíndricas con un diámetro mínimo de 3 cm, las cuales se pesó a campo con una balanza digital para obtener peso verde. Luego se las recolectó en bolsas de arpillera para su análisis en laboratorio.

De cada muestra se estimó el volumen ( $m^3$ ) y el peso seco (g). Para el cálculo del volumen se consideró cada troza como un cilindro perfecto y se midió el diámetro y la altura de cada una, con la ayuda de cinta métrica y calibre. Para el cálculo del peso seco, las muestras fueron llevadas a horno para su secado a 60°C. Posteriormente se pesó cada muestra con un margen de una semana hasta peso constante.

#### **2.6.5.2 Compartimientos de biomasa**

Una vez obtenidos los valores de volumen por especie se procedió a estimar la biomasa en cada uno de los compartimientos requeridos. Según la Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra (IPCC, 2005), existen cinco tipos de compartimientos que pueden ser medidos:

- a. -Biomasa aérea
- b. -Biomasa subterránea
- c. -Madera muerta
- d. -Hojas caídas
- e. -Materia Orgánica del suelo

Para el análisis de este Trabajo final se trabajó con la **Biomasa aérea** y con la **Biomasa subterránea**, agrupando ambos depósitos en una categoría final denominada **Biomasa total**.

#### **2.6.5.3 Biomasa aérea**

La biomasa aérea (BA) incluye toda la porción de materia orgánica proveniente del árbol vivo: fuste, tocón, ramas, hojas, semillas, flores y frutos. La estimación de la BA de cada una de las parcelas, se realizó multiplicando el volumen del fuste ( $m^3$ ) por la densidad ( $Kg/m^3$ ). Posteriormente, se utilizó un factor de expansión de biomasa (FEB) para obtener la porción correspondiente a la copa del árbol:

$$BA = V_f * D * FEB$$

Donde:

BA: Biomasa aérea (MS/ha)

$V_f$ : Volumen del fuste ( $m^3/ha$ )

D: Densidad ( $Kg/m^3$ )

FEB: Factor de expansión de biomasa (1,15)

#### **2.6.5.4 Biomasa subterránea**

La biomasa subterránea (BAS en tn MS/ha) es un componente importante, ya que comprende entre el 10 al 40% de la biomasa total (MacDiken, 1997). Su estimación a campo demanda mucho tiempo y un alto costo. De acuerdo con Schegel et al. (2001), el costo estimado es del orden de los US\$ 120 por raíz muestreada. Es por ello que se procedió a calcularla de modo indirecto como un porcentaje mínimo de la BA. Para este informe se consideró un 27% de la misma, según antecedentes de trabajos realizados en ecosistemas del Parque chaqueño (Gasparri et al., 2004).

#### **2.6.6 Estimación del carbono almacenado.**

Una vez obtenido los valores de Biomasa total, se procedió a la estimación del carbono. Para ello se tuvieron en cuenta las recomendaciones del IPCC en considerar al carbono como el 50% de la biomasa en cada compartimento (IPCC, 2005; Brown, 1997). Seguidamente, se indica la secuencia del ejemplo de cálculo del stock de carbono almacenado en la biomasa total por hectárea. Fuente IPCC:

$$C_{BA} = (BT * CF)$$

Donde:

$C_{BA}$  = Cantidad de carbono almacenado (t C/ha);

BT = Biomasa total (t MS/ha);

CF = Fracción de carbono (t C /t MS). El valor estándar del IPCC para CF = 0,5.

#### **2.6.7 Cálculo del CO<sub>2</sub>e**

Para determinar los valores de carbono en términos de fijación se calculó el CO<sub>2</sub> almacenado por unidad de carbono o carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e). Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO<sub>2</sub>e (obtenida en razón de los pesos

moleculares 44/12). Para estimar la cantidad de CO<sub>2</sub>e almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito se multiplicó este valor por 3,67 (IPCC, 2005)

#### **2.6.7.1 Pérdidas potenciales por deforestación.**

Por último, se estimó las pérdidas potenciales de carbono por deforestación, tomando valores de desmonte de tierras forestales y no forestales de la provincia del Chaco. La estimación de carbono que se pierde a la atmosfera producto de cambios de uso de la tierra, puede ser utilizada como un valor útil dentro de una estrategia de manejo sostenible del bosque nativo en el marco de un proyecto de revalorización de los servicios ecosistémicos.

### **2.7 Análisis estadístico.**

Se empleó los siguientes estimadores muestrales (Wabo, 2002), utilizando para ello los datos de las parcelas del inventario y las variables de Biomasa, Volumen total y CO<sub>2</sub> fijado:

$$\text{La Media por ha: } \bar{y} = \frac{\sum_1^n y}{n} \quad (1)$$

$$\text{El Total del predio: } y = \bar{y} \times n \quad (2)$$

$$\text{La Varianza: } \sigma^2 = \frac{\sum_1^N (y - \bar{y})^2}{n} \quad (3)$$

Por último, para el cálculo del error se utilizó el Error estándar de la media:

$$s_{\bar{y}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \times \sqrt{1 - \frac{n}{N}} \quad (4)$$

### **3 Resultados**

#### **3.1 Análisis de Biodiversidad.**

##### **3.1.1 Riqueza y abundancia de especies arbóreas**

Se analizaron 681 individuos de un total de 27 especies pertenecientes a 15 familias (tabla 4). La diversidad de especies es considerable en esta región comparada con otras ecoregiones del Chaco. La cantidad y diversidad de especies varía según la parcela y el estrato analizado. La especie más abundante fue Guayaibí (18% de los individuos censados), le siguen Palo lanza (10%), Palma (9,5%) y Guabiyu (8,4%). Las especies más escasas fueron Quebracho Colorado, Quebracho blanco y Palo borracho con un solo individuo muestreado cada uno (0,15%).

#### **3.2 Índices de diversidad**

Los valores del análisis de diversidad, se exponen en la tabla 5. En el caso del índice de Margalef los valores oscilan entre 1,36 y 4,15. La parcela con mayor valor de índice fue la número 9 mientras que el menor valor se presentó en la parcela número 3. Se excluyó en este análisis a la parcela número 10 cuyo valor (0), responde a que solo se encuentra una sola especie en ese ecotono (Palmar). El valor promedio a nivel general en el predio fue de 9,18, lo cual indica valores altos de diversidad de especies arbóreas.

En el caso del índice de Simpson, los valores de dominancia a nivel general se encuentran más cercanos a 0 (0,081) lo cual indicaría una dominancia muy baja de las especies arbóreas del predio de Laguna Patos. Por el contrario, en el caso del valor de



diversidad, que es inversamente proporcional a la dominancia, posee, en este caso, un valor promedio más cercano a 1 (0,91), lo cual indica niveles de heterogeneidad altos.

### **3.3 Densidad de la madera**

Los datos recopilados sobre densidad se exponen en la tabla 6. Los valores corresponden a la densidad normal de la madera, siendo 12% el porcentaje de humedad aproximada. Muchas bibliografías no aclaran el contenido de humedad por lo cual se tuvo que inferir que se trata de densidad normal. Los datos obtenidos en laboratorio son dos, la Palma, con un valor de  $610 \text{ kg/m}^3$ , y el Pindó, con  $570 \text{ kg/m}^3$ .

#### **3.3.1 Evolución del peso durante el secado**

Las muestras leñosas de las especies Palma y Pindó fueron secadas durante 43 días hasta alcanzar contenidos de humedad aproximados por orden del 12%. Ambas especies mostraron una tendencia de estabilización del peso a partir de la tercera semana (día 21), a partir del cual los valores se mostraron constantes (gráfico 2).

### **3.4 Estimación del volumen**

Los valores estimados de volumen se presentaron en base al criterio de estratificación (tabla 7). Los mayores valores corresponden al estrato de bosques secundarios con  $137,83 \text{ m}^3/\text{ha}$ . El volumen medio del lote fue de  $128,93 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Si llevamos esos valores a toda la superficie estratificada se estima un total de  $78260,51 \text{ m}^3$ .

### **3.5 Estimación de biomasa**

Los valores de biomasa total según la estratificación variaron según cada región (tabla 8). Los valores mayores correspondieron a la región de regeneración con 134,56 tn MS/ha y 34851,05 tn MS de biomasa total. El estrato Palmar posee valores bajos de biomasa con 26 tn MS/ha, lo cual podría hacer pensar que los palmares son pocos significativos en cuanto a disponibilidad de biomasa en relación con otros estratos estudiados. Sin embargo, la cantidad de parcelas censadas en dicho estrato fue muy baja, lo cual no resulta muy representativo.

Del análisis de la composición del contenido de biomasa total teniendo en cuenta el compartimento aéreo y subterráneo, se infieren los siguientes valores (tabla 9). La mayor proporción de la biomasa total proviene de la Biomasa aérea con 95,61 tn MS/ha.

### **3.6 Estimación de Carbono almacenado**

Los valores de carbono promedio y total estratificado se exponen en la tabla 10. Se estimó 47,82 tn C/ha de carbono almacenado a nivel del lote. El mayor contenido de carbono se encontró en la región bosque de “Regeneración” con un promedio de 67,28 t C/ha. Le siguen en cantidad la región de bosque “Secundario” con 63,2 t C/ha. Los valores de carbono total para la región fueron de 29026,74 tn MS/ha.

#### **3.6.1 Contenido de carbono (%) por especie**

Los valores de contenido de carbono según la especie se exponen en la tabla 11. El mayor contenido de carbono se encuentra en las especies Espina corona con valores de 97,51 tn C/ha y Timbo con 84,60 tn C/ha. Estos valores se deben en parte a que se trata de dos especies con mayores valores de biomasa y con una alta frecuencia de individuos. Se destacan también especies como Mora amarilla, Palma,

Pindó y Palo lanza. Estas especies si bien no cuentan con valores de DAP muy altos, poseen valores altos de abundancia relativa.

Las especies con menores valores de contenido de carbono fueron Palo borracho con 0,24 tn C/ha y Quebracho blanco con 1,31 tn C/ha; ambos poseen valores de abundancia relativa bajos.

### **3.7 Estimación del CO<sub>2</sub>e**

Los valores de CO<sub>2</sub> promedio y total estratificado se exponen en la tabla 12. Se estimaron en las tres regiones valores promedio de 159,85 tn CO<sub>2</sub>e/ha, cifras que representan un total de 97030,97 tn CO<sub>2</sub>e secuestradas, sólo para la región de Laguna Patos.

#### **3.7.1 Emisiones potenciales de CO<sub>2</sub>e por deforestación.**

Los bosques nativos juegan un papel fundamental en el balance de CO<sub>2</sub> a nivel mundial a través de su fijación en la biomasa mediante el proceso de fotosíntesis. Sin embargo, los procesos de deforestación y degradación de los bosques producen el efecto contrario, interrumpiendo la fijación y liberando emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera. La emisión de CO<sub>2</sub> se obtiene bajo el supuesto de que el 100% de la biomasa deforestada es transformada en CO<sub>2</sub> por combustión y no se consideran las pérdidas de C de suelos (Gasparri & Manghi, 2004). Si tenemos en cuenta los valores estimados de CO<sub>2</sub> total, (tabla 12) se prevén emisiones potenciales para la región de Laguna Patos de 97030,97 tn CO<sub>2</sub> (= 0.1 Mt CO<sub>2</sub>).

Al comparar las emisiones de CO<sub>2</sub> en la provincia del Chaco, (grafico 3) puede observarse que la mayor contribución proviene de las emisiones generadas en las

actividades agrícolas, ganaderas y silvícolas, vinculadas de modo directo o indirecto con el bosque nativo (MAyDS, 2017).

Los valores de emisiones de Laguna Patos (0,1 Mt CO<sub>2</sub>), en caso de ser liberadas producto del cambio de uso del suelo, representarían un tercio de las emisiones liberadas por el sector de residuos (0,28 Mt CO<sub>2</sub>). La región de Laguna Patos, aunque considerablemente inferior en cuanto a su contribución a la emisión potencial total de la región, posee valores de reservas de carbono importantes, lo cual la posiciona como un sitio de gran importancia como reservorio de CO<sub>2</sub>.

### **3.7.2 Comparación de emisiones**

Tomando valores de deforestación de tierras forestales de la provincia del Chaco (MAyDS, 2017) se calcularon valores de emisiones de CO<sub>2</sub>e para el año 2014. Las pérdidas de tierras forestales en este periodo en la provincia del Chaco fueron de 18563 hectáreas en total, circunstancia que representaría una pérdida de emisiones de carbono por desmonte de aproximadamente 2967295,55 tn CO<sub>2</sub>e (=2,9672 Tg CO<sub>2</sub>e). Si se toman valores de deforestación de la región del Parque Chaqueño del 2014 (Dirección de bosques MAyDS, 2016) las emisiones ascienden a 22431430,8 tn CO<sub>2</sub>e (=22,431 Tg CO<sub>2</sub>e). A modo comparativo se tomaron valores de emisiones anuales de CO<sub>2</sub>e en la Argentina provenientes de otras áreas, para su contraste con las estimaciones realizadas (Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Argentina, 2017). En el gráfico 4 puede apreciarse la importancia en términos sustanciales de la Región Chaqueña en el aporte de emisiones a nivel nacional. Las emisiones potenciales de la deforestación superan incluso a otras áreas como la producción de combustibles, procesos industriales y residuos urbanos.

## **4 Discusión**

### **4.1 Biodiversidad.**

#### **4.1.1 Riqueza y abundancia relativa.**

Los datos obtenidos en el análisis de biodiversidad permiten explicar la complejidad estructural de la población de estudio. La riqueza de especies en la región de Laguna Patos es considerable si se tiene en cuenta la escala de carácter local en la cual se trabajó en este informe. Sin embargo, la riqueza como dato aislado nos dice poco sobre la presencia de cada una de las especies en los diferentes sitios estudiados. Si analizamos la abundancia relativa de cada una, vemos que existe una fuerte presencia de especies comúnmente asociadas como dominantes en los bosques maduros del Chaco húmedo, tal es el caso del Guayaibi y Palo Lanza (Perfumo, 1956). Otros autores, como Wenzel y Hampel (1998), también las citan como especies abundantes en esta región. En el otro extremo vemos que especies como el Quebracho colorado chaqueño posee una abundancia baja en Laguna Patos. Wenzel y Hampel (1998) encontraron que el quebracho colorado es una especie con dificultades de regeneración en doseles cerrados. A su vez Tortorelli (1956) lo cita como una especie heliófita con preferencia de espacios abiertos para su regeneración. Por otra parte se trata de especies con un valor maderero a nivel local muy importante, lo cual explicaría en parte la baja presencia de ejemplares adultos debido a la extracción maderera a nivel local. Los cambios de uso del suelo, la explotación de especies de alto valor maderable sumado al sobrepastoreo de ganado introducido ha tenido un fuerte impacto en la dinámica de los rodales. El desmonte parcial y con él, la reducción de la extensión del hábitat lleva a la pérdida de parte de las especies lo cual

se convierte en un gran riesgo para la biodiversidad. Todos estos aspectos deben ser tenidos en cuenta para poder orientar prácticas de manejo sostenibles que favorezcan la regeneración de las especies más relegadas y contribuir de esta manera a una mayor biodiversidad.

#### **4.1.2 Índices de diversidad**

Los índices de diversidad hallados muestran indicios de una fuerte heterogeneidad espacial en la composición de los bosques analizados. El índice de Margalef, demuestra que la cantidad de especies arbóreas por unidad de área en la región de Laguna Patos es alta. Esto podría indicar que esta región posee un valor de biodiversidad ecosistémico considerable. Sin embargo, este índice resulta “pobre” en cuanto a señalar la presencia de cada especie en el sitio en vinculación con otras. El índice de Simpson por su parte, resultó ser más útil ya que analiza no sólo la heterogeneidad de especies sino también la dominancia relativa de cada una de ellas. Algunas parcelas presentaron valores de dominancia altos, lo cual podría dar indicios de una mayor presencia de determinadas especies por sobre otras en el área. Otro caso significativo fue la zona del Palmar donde encontramos superficies dominadas por pocas especies.

Algunos autores recomiendan los índices de diversidad como una herramienta útil para predecir el almacenamiento de carbono de los bosques nativos. Montes-Pulido (2014) realizó una revisión bibliográfica sobre los índices de diversidad utilizados por otros autores para predecir el almacenamiento de carbono de la biomasa aérea en ecosistemas tropicales. Según sus estudios, los índices que mejor predicen los valores de carbono son aquellos que analizan rasgos funcionales asociados al tallo de las especies: estos son la altura máxima y la densidad de la madera y cita como

principales índices utilizados a la media ponderada de la comunidad, la divergencia funcional, la dispersión funcional y la división filogenética. Dichos índices resultan útiles y pueden ser utilizados como información complementaria a los datos analizados para entender mejor la composición estructural y de dinámica de estos bosques para la evaluación de los contenidos de carbono almacenado.

## **4.2 Biomasa**

### **4.2.1 Comparación con otros autores.**

Los valores hallados muestran niveles importantes de biomasa arbórea acumulada en la región de Laguna Patos. Las regiones estratificadas mostraron resultados similares salvo en la región del palmar donde se considera que la cantidad de parcelas no resultó representativa. Otros autores que trabajaron en la región del Chaco obtuvieron valores de estimación similares a los hallados en este informe. Gasparri y Manghi (2004) obtuvieron valores de biomasa aérea y biomasa subterránea de 98,8 tn MS/ha y 26,68 tn MS/ha respectivamente, en la región del Chaco sin diferenciar subregiones. Manrique et al (2009), por su parte, trabajaron sobre la región chaqueña de la provincia de Salta (Chaco serrano) obteniendo valores de Biomasa aérea de 104,79 tn MS/ha ( $\pm 28,99$ ). Por ultimo, Hernández et al. (2010) trabajaron en la subregión de chaco Semiárido es el único autor, cuyos valores difieren con 170.49 tn MS/ha.

Las diferencias en los valores de biomasa hallados por estos autores con los analizados en este informe pueden responder a diversas causas:

a. Limitaciones propias de la estimación, como un reducido número de parcelas, sobrestimación y errores de medición.

b. La intervención a nivel local de los pobladores de Laguna Patos para la extracción de madera y la introducción de ganado. Esto determina que los bosques se encuentren expuestos a disturbios de carácter local, lo cual modifica la dinámica de los parches de bosques en la región de Laguna Patos, favoreciendo procesos de crecimiento o degradación, dependiendo del caso.

c. Características a nivel regional. Las ecoregiones influyen sobre el mayor desarrollo de la biomasa en vinculación a aspectos ecológicos, disturbios a mayor escala, etc.

Conocer si estos aspectos contribuyen a la generación de menor o mayor biomasa y por ende al almacenamiento de carbono es sin duda un aspecto de relevancia a tener en cuenta en futuras prácticas que se realicen en los bosques tendientes a un manejo sostenible.

#### **4.3 Carbono almacenado**

##### **4.3.1 Comparación con otros autores**

Los valores de carbono almacenado hallados en Laguna Patos muestran resultados alentadores para poder avanzar en una estrategia de reducción de las emisiones. Al comparar con los valores obtenidos por otros autores, pueden observarse resultados similares. Gasparri y Manghi (2004) obtuvieron valores de carbono aéreo y subterráneo de 49,4 tn C/ha y 13,34 tn C/ha respectivamente, para la región Chaqueña (El autor considera al contenido de carbono para los compartimientos por encima y debajo del suelo como el 50% de la biomasa de los



misimos). En otro trabajo Gasparri (2008), estima valores de 59,2 tn C/ha. Por último, Manrique (2009) encontró valores de carbono total de 52,72 tn C/ha en la región Chaqueña de la provincia de Salta, incluyendo arboles de más de 10 cm de DAP y raíces subterráneas.

#### **4.3.2 Carbono almacenado según especies**

Los resultados del análisis del almacenaje por especie, muestra que los valores más importantes, provienen de especies con mayor DAP y altura. Se trata de especies como Timbó y Espina corona, cuyos valores de carbono poseen los registros más altos. No obstante, dichos valores deben ser cotejados con índices de crecimiento anual para evaluar su capacidad en el almacenaje de carbono. Por otra parte, muchas especies con DAP y alturas menores como Guayaibi, presentaron valores de carbono elevados. Esto se debe a su alta abundancia relativa en la región. En el caso de Palma y Pindó, ambas presentaron valores importantes de carbono almacenado lo cual las posiciona como especies a revalorizar, frente a su escaso valor maderero.

#### **4.3.3 Evaluación del almacenaje de carbono.**

El almacenaje de Carbono en la biomasa forestal, mantiene retenidas emisiones que, de otra manera, o frente al avance de la deforestación o degradación, se liberarían a la atmosfera (Manrique y Franco, 2012). El predio de Laguna Patos, presentó valores de almacenaje de carbono acordes con los esperados para la región, lo cual la posiciona como una zona importante en su contribución a los servicios ecosistémicos.

Sin embargo, es necesario destacar que los datos obtenidos no aportan demasiado conocimiento sobre la eficacia en términos de captura del carbono de estos

bosques. El actual informe no tiene en cuenta la tasa de fijación del carbono, razón por lo cual debe avanzarse en los estudios para la estimación de valores a partir de la instalación de parcelas permanentes. El carbono almacenado, que se conserva año a año en los bosques, deberá sumarse a las estimaciones ya realizadas para evaluar la capacidad de stock de los mismos.

Dichos valores pueden ser contrastados con datos de incremento medio anual de materia seca por hectárea para cada tipo de bosque para un posible balance entre emisión y captación de CO<sub>2</sub> atmosférico. Cabe destacar que la evolución de este balance tendrá un saldo cada más negativo, debido a la desaparición de las masas boscosas en la región.

#### **4.4 CO<sub>2</sub> fijado/ Emisiones potenciales por deforestación**

La región Chaqueña se ve amenazada actualmente por la tendencia al cambio del uso de la tierra, transformando los ecosistemas de bosque para dar paso a la agricultura y a la ganadería. Esta deforestación da origen a problemas de degradación del recurso forestal, de los suelos y como consecuencia de la pérdida de biodiversidad y liberación de CO<sub>2</sub>.

Los bosques nativos analizados en este informe, muestran síntomas preocupantes de degradación, producto de la extracción histórica, la introducción de ganado y el uso paulatino de madera para leña y construcción por parte de la comunidad. De continuar con los procesos de degradación, se vería gravemente afectada la función que estos bosques brindan al conjunto de la sociedad como servicio ecosistémico. Los valores de emisiones potenciales de carbono obtenidos, dan cuenta de la importancia de la región como sitio de almacenaje de carbono y como contribuyente potencial a las emisiones de la Provincia del Chaco.

#### **4.5 Evaluación de la metodología empleada**

La metodología empleada para la cuantificación del carbono almacenado en la región de Laguna Patos ha resultado ser muy útil y sencilla de trabajar. La estimación indirecta de la biomasa favoreció el ahorro del tiempo, al evitarse la tarea de obtener muestras a campo. Otros autores han trabajado con metodologías similares en la región siguiendo las recomendaciones de Brown (1997). Comparado con dichas metodologías, se prefirió variar algunos aspectos metodológicos destacables:

a. La utilización de ecuaciones específicas para la obtención de volumen de cada especie en lugar de ecuaciones generales. Se recomienda según la experiencia utilizada en este informe trabajar con ecuaciones específicas teniendo en cuenta la alta variabilidad de fisionomías encontradas.

b. Para el cálculo de la biomasa a través de ecuaciones de volumen se utilizaron valores de densidad específicas para cada una de las especies, en lugar de un valor de densidad promedio (Brown, 1997). Siguiendo la línea del apartado anterior, se considera más prudente la especificidad de los valores según especies para una estimación más certera.

c. Un aspecto discutido a considerar dentro de la metodología utilizada fue el uso de los factores de conversión generales. Otros autores como Gasparri y Manghi (2004) recomiendan variar el FEB a medida que la biomasa del fuste supera determinados valores umbrales, utilizando para dicho caso una ecuación exponencial específica.

### **5 Conclusiones**

El estado actual de los bosques de Laguna Patos es preocupante. Se observan síntomas de degradación, producto de la deforestación histórica por parte de los ingenios azucareros, la intervención local de los pobladores y el sobrepastoreo del ganado introducido. Frente a este escenario, resulta fundamental favorecer estrategias a corto y largo plazo que incorporen una visión integral de los múltiples bienes y servicios que brinda el bosque nativo.

El almacenaje de carbono ha demostrado ser una opción pertinente en la búsqueda de estrategias que conduzcan a una disminución de la degradación y deforestación del bosque. A su vez, la inclusión dentro de un proyecto forestal permitiría avanzar en la generación de ingresos que puedan ser otorgados hacia las comunidades, como en este caso, la comunidad de Laguna Patos.

La región posee valores considerables de carbono almacenado en su biomasa. Dichos valores pueden ser utilizados como información básica (línea de base) para avanzar en proyectos forestales comunitarios en la región. Se recomienda como próximo paso, el monitoreo de parcelas permanentes para la estimación de las tasas de crecimiento de la biomasa. De esta manera podremos conocer la capacidad de almacenaje anual que poseen estos bosques.

Por otra parte, resulta fundamental establecer estudios que evalúen el cálculo de costos en términos de almacenaje de carbono. Esto permitiría tener una aproximación sobre el valor en términos monetarios de los servicios brindados por el ecosistema forestal. A su vez, permite avanzar en políticas que faciliten la retribución de ingresos para la comunidad encargada del mantenimiento de estos servicios. Se recomienda para la estimación de costos de la captación del CO<sub>2</sub>, la metodología planteada por el IPCC y métodos como el For-est (IPCC, 2005; Federici et al., 2008 citado por Rodríguez García et al., 2016).

En cuanto al análisis de riqueza, los indicadores de diversidad han resultado ser una herramienta importante a la hora de comprender mejor la dinámica de los parches de bosque. Estos nos dan una pauta sobre la riqueza que encierra la región y nos brinda información complementaria importante para el análisis de carbono en base a especies particulares.

Por último, de acuerdo al diagnóstico observado sobre el actual estado del bosque nativo se recomiendan medidas precautorias que tiendan a favorecer la estabilidad de los bosques de la región para su contribución a la formación de biomasa.

Entre las principales practicas necesarias para la revalorización de la zona de Laguna Patos se incluyen: Control de la deforestación excesiva, prácticas de manejo silvícola mediante la participación activa de la comunidad que eviten la degradación de los bosques y promuevan un mayor secuestro de carbono por parte de la vegetación, control de pastoreo de la ganadería local, una sustancial expansión de reforestación y prácticas de enriquecimiento del bosque nativo, entre otras.

## **6 Agradecimientos**

Se agradece personalmente

Al personal de INCUPO, que nos brindó su apoyo incondicional y nos acompañaron a lo largo de este informe para su realización.

A los pobladores de Laguna Patos, que nos abrieron sus casas y compartieron sus vivencias y sabidurías sobre la riqueza del monte.

Al grupo de trabajo forestal de Laguna Patos, que nos brindaron su tiempo y el acompañamiento por el monte para el desarrollo de las tareas a campo.

A Gustavo Acciaresi, Manuel Cellini y al personal docente de la Escuela de Bosques, que me acompañaron con perseverancia y mucha paciencia a lo largo de esta experiencia.

Por último, y no menos importante, a la familia y amigos que me bancaron en los momentos más cruciales de mi vida y creyeron en mí para poder cerrar esta historia.

## **7 Bibliografía**

**Alberto, J. A.** 2006. El chaco oriental y sus fisonomías vegetales. Universidad nacional del Nordeste. Facultad de Humanidades. 3-4pp.

**Bishop, J. Landell-Mills, N.** 2002. Selling Forest Environmental Services: Market-Based Mechanisms for Conservation and Development. Chapter 2: Forest Environmental Services: An Overview. 1st Edition, Kindle Edition. 16pp.

**Brown, S. y Lugo, A.E.** 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. Science 223:1290-1293

**Brown, S. Gillespie, A. y Lugo, A.** 1989. Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. Forest Science, 35 (4), 881-902pp.

**Brown, S. Sathaye, J. Cannell, M. Kauppi, P.** 1996. Mitigation of carbón emission to the atmosphere by forest management. Commonwealth Forestry Review. 75(1): 80-91pp.

**Brown, S.** 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper – 134pp.

**Canadell, J. G. Mooney, H. A. Baldocchi, D. D. Berry. J. A. Ehleringer, J. R. Field, C. B. Gower, S. T. Hollinger, D. Y. Hunt, J. E. Jackson, R. B. Running, S. W. Shaver, G. R. Steffen, W. Trumbore, S. E. Valentini, R.** 2000. Carbón metabolism of the terrestrial biosphere: a multi-technique approach for improved understanding. *Ecosystems* 3: 115-130pp.

**Campo, A. Duval V. S.** 2014 Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anuales de geografía* vol. 34, núm. 2 25-42pp.

**Casalderrey Zapata, M.** 2016 ¿Cuál es el valor del bosque nativo? Servicios ambientales, condiciones de producción y método de valoración en un estudio de impacto ambiental en Salta. Facultad de Filosofía y Letras – Universidad de Buenos Aires. 4-5pp.

**Castro, I. Casado, M.A. Camirez-sanz, I. De migue. J.M. Costa. M. y F.Diaz Pineda.** 1996. Funciones de estimación de la biomasa aérea de varias especies del matorral mediterráneo del centro de la península Ibérica. *Orsis* 11, 107-116pp

**Cellini, M. Russo, F.** 2016. Monitoreo de biomasa-Santo Domingo. Convenio Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. (UNLP) y GMF Latinoamérica. 10-18pp.

**Clark, D.A. Brown, S. Kicklighter, D.W. Chambers, J.Q.; Thomlinson, J.R.** 2001. Measuring Net Primary Production in Forests: Concepts And Field Methods. *Ecological Applications*, 11(2), pp. 356–370.

**Coronel, E. O.** 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Aspectos teóricos y prácticos para la determinación de las propiedades y sus aplicaciones. Primera Parte: Fundamentos de las propiedades físicas de la madera.

Instituto de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. Serie de publicaciones 9.404. Editorial El Liberal Santiago del Estero Argentina. 187pp.

**Franquis, F. Infante, A.** 2008. "Los bosques y su importancia para el suministro de servicios ambientales. "Revista Forestal Latinoamericana". Editorial Saber ula. 20-27pp.

**Gasparri, N. I. Manghi, E.** 2004. "Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas". Informe Final. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ministerio de Salud y Ambiente. 11-22 pp.

**Gasparri, N. I. Grau, H. R. Manghi, E.** 2008. "Carbon Pools and Emissions from Deforestation in Extra-Tropical Forests or Northern Argentina Between 1900 and 2005". Ecosystems11: 1247–1261pp.

**Giménez, A. M. Hernández, P. Figueroa M. E. y Barrionuevo I.** 2011 "Diversidad del estrato arbóreo en los bosques del Chaco Semiárido" Revista forestal Quebracho. UNSE. 25pp.

**Hernández, P. Rios, N. Gimenez, A. M. Pintos, J. Lopez Diaz, A.** 2010. Estimación de la biomasa forestal en bosques nativos del chaco semiárido. UNSE. 3pp.

**INCUIPO.** 2014. Informe de actividades – Proyecto de Manejo Forestal Sostenible Laguna Patos. 4-15pp.

**Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Argentina.** 2017. Dirección Nacional de Cambio Climático. MAYDS. 9-10pp

**Intergovernmental Panel on Climate Change.** 1996. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guidelines for national greenhouse gas. Mexico City



**IPCC.** 2005. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Informe especial del IPCC. CMNUCC. 42-44pp.

**Jeffries M. J.** 1997. Biodiversity and Conservation. Ed. Routledge. Londres, Inglaterra. pp. 4-6pp.

**Lattera, P. Jobágy, G. Paruelo, J.M.** 2011. Valoración de servicios ecosistémicos en Argentina: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ed. INTA. 42-44pp.

**Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos N°26.331.** Boletín oficial N°31.310. Buenos Aires, Argentina, 26 de diciembre de 2007.

**Macdicken, K. G.** 1997. A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural Development. 91 p.

**Maggio, A.** 2014. Recopilación de ecuaciones de volumen de especies forestales en la República Argentina (Tesis de grado). UNLP. 34-170pp.

**Manrique, S. Franco, J. Núñez, V. Seghezzo, L.** 2009 “Estimación de biomasa área en ecosistemas naturales de la provincia de Salta”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 06.39-06.42pp.

**Manrique, S. Franco, J. Núñez, V. Seghezzo, L.** 2009 “Stock de biomasa y carbono en una zona del chaco occidental en el municipio Coronel Mondes, La viña, Salta”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 06.156-06.157pp.

**Ministerio de la Producción del Chaco.** 2005. Inventario forestal: Provincia de Chaco. 1a ed. Resistencia. 27-50pp.

**Montes-Pulido, R.** 2014. Uso de rasgos funcionales como estimadores de carbono almacenado en biomasa aérea. UNAD. ECAPMA. Bogotá-Colombia. 241pp.

- Morello, J. Matteucci, S.** 1999 "Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica", Buenos Aires, EUDEBA. 2-3pp.
- Naciones Unidas.** 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 10-14pp
- Ontiveros, S. Manrique, S. Franco, J. Diaz, R. Barranco, N.** 2015. "Biomasa y Stock de carbono en la reserva de Campo Alegre, La caldera, Provincia de Salta". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 06.04pp.
- Perfumo, L. R.** 1956. Bosques higrofiticos de la Provincia de Formosa. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Administración Nacional de Bosques. Buenos Aires. 13 pp.
- Salusso, M.** 2008. "Regulación Ambiental: Los bosques nativos". Universidad de Belgrano. Bs. As.16 pp.
- Schackelford, J. F.** 2008. Introducción a la ciencia de los materiales para ingenieros. 6.<sup>a</sup> ed. Editorial Pearson Prentice hall. Madrid
- Simpson E.** 1949. Measurement of diversity. Nature journal. 688pp.
- Rodríguez García, L. Curetti, G. Garegnani, G. Grilli, G. Pastorella, F. & Paletto, A.** 2016. La valoración de los servicios ecosistémicos en los ecosistemas forestales: un caso de estudio en Los Alpes Italianos. Bosque (Valdivia), 37(1), 41-52pp.
- Rondeux, J.** 2010. Medición de árboles y masas forestales. Ed. Mundi-Prensa. 107pp.
- Rosa, H. Kandel S. Dimas, L.** 2003. Compensación por servicios ambientales y Comunidades rurales. Fundación PRISMA. El salvador 1pp.
- Rozkiewicz, F. Zilio, A.** 2010 Cambios en el uso del suelo de las tierras del ingenio Las Palmas, provincia de Chaco, en los años 1987 y 2001. UNLP-FaHCE. 2-3pp
- Rügnitz, M. Chacón, M. Porro, R.** 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. 1 Ed. Lima, Perú; Centro mundial Agroflorestal. 28-34pp

**Tortorelli.** 2009. Maderas y bosques argentinos. Tomo 1. L. Buenos Aires: Orientación grafica Ed.

**Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal.** 2017. Informe de monitoreo de la superficie de bosque nativo de la República Argentina. Dirección de bosques. MAyDS. 7-13pp

**Vaccaro, S. Arturi, M. F. Goya, J. Frangi, J. L. y Piccolo, G.**2003. Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de misiones, argentina. UNLP-LISEA. Revista Interciencia. 524pp

**Wabo, E.** 2002. Teoría del muestreo. Nociones de Muestreo. Curso de Biometría Forestal. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. UNLP. Cap. 5. 3-8pp

**Wenzel, M. Hampel H.** 1998. Regeneración de las principales especies arbóreas del chaco húmedo argentino. INTA-GTZ-INSIMA. Revista quebracho. 13-15pp

**Zarrilli, A.** 2007. Bosques y agricultura: una mirada a los límites históricos de sustentabilidad de los bosques argentinos en un contexto de la explotación capitalista en el siglo XX. Revista Luna azul 94-99pp

## 8 Anexo

### 8.1 Tablas

Tabla 1. Superficie de área muestreada según estratificación.

<b>Estratos</b>	<b>Cantidad de parcelas</b>	<b>Superficie total de parcelas (ha)</b>	<b>Superficie total del estrato (ha)</b>
Palmar	1	0,1	236
Regeneración	6	0,6	259
Secundario	5	0,5	122
<b>Total general</b>	<b>12</b>	<b>1,2</b>	<b>607</b>

Tabla 2. Lista de especies por su nombre vulgar, abreviatura (clave) y científico.

<b>Especie</b>	<b>Clave</b>	<b>Nombre científico</b>
Aguái	CG	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichlerex Miq.)Engl.
Alecrín	HB	<i>Holocalyx balansae</i> Mich.
Algarrobo	PG	<i>Prosopis alba</i> Gris.
Bauhinia	BC	<i>Bauhinia forficata</i> Link
Espina corona	GA	<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb.) Taub.
Ficus	FC	<i>Ficus monckii</i> Miq.
Francisco Alvares	PZ	<i>Pisonia zapallo</i> Griseb.
Garabato Negro	AF	<i>Acacia furcatispina</i> Burkart
Guabiyú	EP	<i>Eugenia pungens</i> O. Berg
Guaranina	BO	<i>Bumelia obtusifolia</i> Roem. & Schult.
Guayacán	CP	<i>Caesalpinia paraguariensis</i> (Parodi) Burkart
Guayaibí	PA	<i>Patagonula americana</i> L.
Lapacho negro	HH	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos
Laurel	OP	<i>Ocotea puberula</i> (Nees et Mart.) Nees
Mora amarilla	MT	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.
Ñangapirí	EU	<i>Eugenia uniflora</i> L.
Ombú	PD	<i>Phytolacca dioica</i> L.
Palma	CM	<i>Copernicia alba</i> Morong.
Palo Borracho	CS	<i>Ceiba speciosa</i> St. Hil.
Palo lanza	PR	<i>Phyllostylon rhamnoides</i> (J.Poiss.) Taub.
Palo piedra	DF	<i>Diplokeleba floribunda</i> N.E.Br.
Pindó	SR	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman
Quebracho blanco	AQ	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i> Schltdl.
Quebracho colorado	SB	<i>Schinopsis balansae</i> Engl.
Rupretchia	RL	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn
Timbó	EC	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong
Urunday	AB	<i>Astronium balanzae</i> Engl.

**Tabla 3. Ecuaciones de volumen según la especie**

<b>Especie</b>	<b>Ecuación de volumen</b>	<b>Fuente bibliográfica</b>
Aguai	$V_c(dm3)=EXP(-2,67698+0,94622*\ln(DAP^2*HT))+13,62667/(DAP*Ht)$	Sevola, Y. 1975
Alecrín	$Vf=0,0025251+0,000049775*D^2*Hf$	Inv. Ftal. Chaco 2005
Algarrobo	$V[m3]=0,00718473+0,00871146*((DAP^2*H)/100)$	Kees, S.M et al. 2012
Espina corona	$V(dm3)=EXP(-2,67698+0,94622*\ln(DAP^2*H))+13,62667/(DAP*H))$	Sevola, Y. 1975
Francisco Alvares	$V(dm3)=EXP(-2,67698+0,94622*\ln(DAP^2*H)+ 13,62667/(DAP*H))$	Sevola Y. 1975
Guabiyú	$V(dm3)=EXP(-2,67698+0,94622*\ln(DAP^2*H)+ 13,62667/(DAP*H))$	Sevola Y. 1975
Guaranina	$Vf=0,003057+0,0000691899*DAP^2*Hf$	Inv. Ftal. Chaco 2005
Guayacán	$V[dm3]=EXP(-0,84619+(-9,33953/DAP)+0,77981*\ln(DAP^2*H))$	Sevola Y. 1975
Guayaibí	$Vf=0,002904+0,0000657296*DAP^2*Hf$	Inv. Ftal. Chaco 2005
Lapacho negro	$Vf[m3]=0,000166288*DAP^1,29072*H^15206$	Cellini, J.M. Cavalcante, M.S. 2013
Laurel	$Vf[dm3]=-1,5336+0,0525*DAP^2+0,0569*DAP^2*H+0,0161*DAP*H^2$	Costas et al. 2006
Mora amarilla	$V[dm3]=EXP(-3,27947+(-0,07343)*\ln(H^2)+1,05804*\ln(DAP^2*H))$	Sevola Y. 1975
Ñangapirí	$V(dm3)=EXP(-2,67698+0,94622*\ln(DAP^2*H)+13,62667/(DAP*H))$	Sevola Y. 1975
Palo Borracho	$V(m3)=(0,000117*((DAP*H)^0,8387))/1000$	Sato et al (2013)
Palo lanza	$Vf =0,0025251+0,00004977*D^2*Hf$	Inv. Ftal. Chaco 2005
Palo piedra	$Vf =0,0025251 + 0,000049775*D^2*Hf$	Inv. Ftal. Chaco 2005
Quebracho blanco	$V[m3]=EXP(a+b*\ln(DAP[cm]^2*H[m]))$	Gaillard de Benítez, C.1994
Quebracho colorado	$V[m3]=EXP(-10,81559+1,08804*\ln(^2F39))$	Gaillard de Benítez, C.1994
Rupretchia	$V[dm3]=EXP(-3,27947+(-0,07343)*\ln(H^2)+1,05804*\ln(DAP^2*H))$	Sevola Y. 1975
Timbó	$V[dm3]=EXP(-3,27947+(-0,07343)*\ln(H^2)+1,05804 *\ln(DAP^2*H))$	Sevola Y. 1975
Urunday	$Vf = 0,0025251 + 0,000049775 D^2*Hf$	Inv. Ftal. Chaco 2005

Tabla 4. Riqueza de especies y abundancia relativa en el predio Laguna Patos

<b>Especie</b>	<b>Numero de individuos</b>	<b>Abundancia Relativa (%)</b>
Agua í	52	7,64
Alecrín	41	6,02
Algarrobo	5	0,73
Bauhinia	2	0,29
Espina corona	54	7,93
Ficus	2	0,29
Francisco Álvarez	3	0,44
Garabato	6	0,88
Guabiyú	57	8,37
Guaraniná	3	0,44
Guayacán	9	1,32
Guayaibí	119	17,47
Lapacho	12	1,76
Laurel	11	1,62
Mora amarilla	29	4,26
Ñangapirí	34	4,99
Ombú	10	1,47
Palma	64	9,40
Palo borracho	1	0,15
Palo lanza	67	9,84
Palo piedra	20	2,94
Pindó	26	3,82
Quebracho blanco	1	0,15
Quebracho colorado	1	0,15
Ruprechtia	16	2,35
Timbó	28	4,11
Urunday	8	1,17
Total	681	100

Tabla 5. Índices de diversidad de las diferentes parcelas

Parcela	Margalef	Dominancia	Simpson (1-D)
1	2,83	0,13	0,86
2	2,66	0,22	0,77
3	1,36	0,53	0,46
4	2,57	0,15	0,84
5	1,78	0,24	0,75
6	2,31	0,20	0,79
7	2,70	0,19	0,80
8	3,11	0,13	0,86
9	4,15	0,10	0,89
10	0	1	0
19	3,00	0,13	0,86
21	3,10	0,17	0,82
<b>Total general</b>	<b>9,18</b>	<b>0,081</b>	<b>0,91</b>



Tabla 6. Valores de densidad de la madera.

Especie	Densidad (kg/m3)	Fuente bibliográfica
Aguaí	800	Atencia, 2003
Alecrín	980	Tortorelli, 1956
Algarrobo	750	Tortorelli, 1956
Bauhinia	640	Atencia, 2003
Espina corona	780	Tortorelli, 1956
Ficus	590	Atencia, 2003
Francisco Alvares	620	Tortorelli, 1956
Garabato Negro	780	Tortorelli, 1956
Guabiyú	850	Atencia, 2003
Guaranina	750	Tortorelli, 1956
Guayacán	1195	Tortorelli, 1956
Guayaibí	800	Tortorelli, 1956
Lapacho	560	Tortorelli, 1956
Laurel	400	Tortorelli, 1956
Mora amarilla	930	Coronel, 1994
Nangapirí	990	Atencia, 2003
Ombú	410	Atencia, 2003
Palma	610	Estimación propia
Palo Borracho	260	Tortorelli, 1956
Palo lanza	860	Coronel, 1994
Palo piedra	970	Tortorelli, 1956
Pindó	570	Estimación propia
Quebracho blanco	870	Coronel, 1994
Quebracho colorado	960	Coronel, 1994
Rupretchia	740	Atencia, 2003
Timbó	336	Tortorelli, 1956
Urunday	1100	Atencia, 2003

Tabla 7. Volumen medio, total y estadísticos derivados según estratificación.

<b>Estrato</b>	<b>Volumen medio (m3/ha)</b>	<b>Volumen total (m3)</b>	<b>Varianza</b>	<b>Error estándar</b>
Palmar	77,84	18378,02	1,35	0,25
Regeneración	128,48	33340,56	7,53	0,15
Secundario	137,83	16911,74	24,56	0,05
<b>Lote total</b>	<b>128,93</b>	<b>78260,51</b>	<b>15,29</b>	<b>0,15</b>

Tabla 8. Valores de biomasa media, total y estadísticos derivados según estratificación.

<b>Estratos</b>	<b>Biomasa media (tn MS/ha)</b>	<b>Biomasa total (tn MS)</b>	<b>Varianza</b>	<b>Error estándar</b>
Palmar	26,01	6138,36	0,05	0,05
Regeneración	134,56	34851,04	8,95	0,16
Secundario	126,4	15420,8	18,64	0,24
<b>Lote Total</b>	<b>121,42</b>	<b>73701,94</b>	<b>0,59</b>	<b>0,03</b>

Tabla 9. Valores de biomasa media y estadísticos derivados según compartimentos

Compartimentos	Biomasa media (tn MS/ha)	Varianza	Error estándar
Biomasa Aérea (tn MS/ha)	95,61	10,04	0,4
Biomasa Subterránea (tn MS/ha)	25,81	0,73	0,1
<b>Biomasa Total (tn MS/ha)</b>	<b>121,42</b>	<b>5,38</b>	<b>0,25</b>

Tabla 10. Valores de Carbono medio, total y estadísticos derivados según estratificación.

<b>Estratos</b>	<b>Carbono medio (tn C/ha)</b>	<b>Carbono total (tn C)</b>	<b>Varianza</b>	<b>Error estándar</b>
Palmar	13	3068	0,01	0,02
Regeneración	67,28	17425,52	2,24	0,08
Secundario	63,2	7754,64	4,66	0,12
<b>Lote total</b>	<b>47,82</b>	<b>29026,74</b>	<b>3,29</b>	<b>0,07</b>

Tabla 11. Valores de carbono según la especie

<b>Especie</b>	<b>Carbono medio (tn C/ha)</b>	<b>Carbono total (tn C)</b>
Agua í	38,37	23290,59
Alecrín	28,86	17518,02
Algarrobo	4,20	2549,4
Bauhinia	2,67	1620,69
Espina corona	97,51	59188,57
Ficus	1,31	795,17
Francisco Álvarez	2,51	1523,57
Garabato	1,23	746,61
Guabiyú	40,75	24735,25
Guaraniná	4,65	2822,55
Guayacán	27,78	16862,46
Guayaibí	52,91	32116,37
Lapacho	5,86	3557,02
Laurel	17,13	10397,91
Mora amarilla	62,62	38010,34
Ñangapirí	9,16	5560,12
Ombú	27,77	16856,39
Palma	55,00	33385
Palo borracho	0,24	145,68
Palo lanza	65,74	39904,18
Palo piedra	17,67	10725,69
Pindó	48,57	29481,99
Quebracho blanco	1,33	807,31
Quebracho colorado	1,31	795,17
Ruprechtia	14,15	8589,05
Timbó	84,60	51352,2
Urunday	14,60	8862,2

Tabla 12. Valores de CO<sub>2</sub> medio, total y estadísticos derivados según estratificación

<b>Estratos</b>	<b>CO<sub>2</sub> medio (tn CO<sub>2</sub>e/ha)</b>	<b>CO<sub>2</sub> total (tn CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>Varianza</b>	<b>Error estándar</b>
Palmar	42,72	10081,92	0,16	0,09
Regeneración	204,92	53074,28	22,72	0,26
Secundario	231,92	28294,24	62,76	0,45
<b>Lote total</b>	<b>159,85</b>	<b>97030,97</b>	<b>40,91</b>	<b>0,25</b>

## 8.2 Gráficos

Gráfico 1. Abundancia relativa de Especies (%).

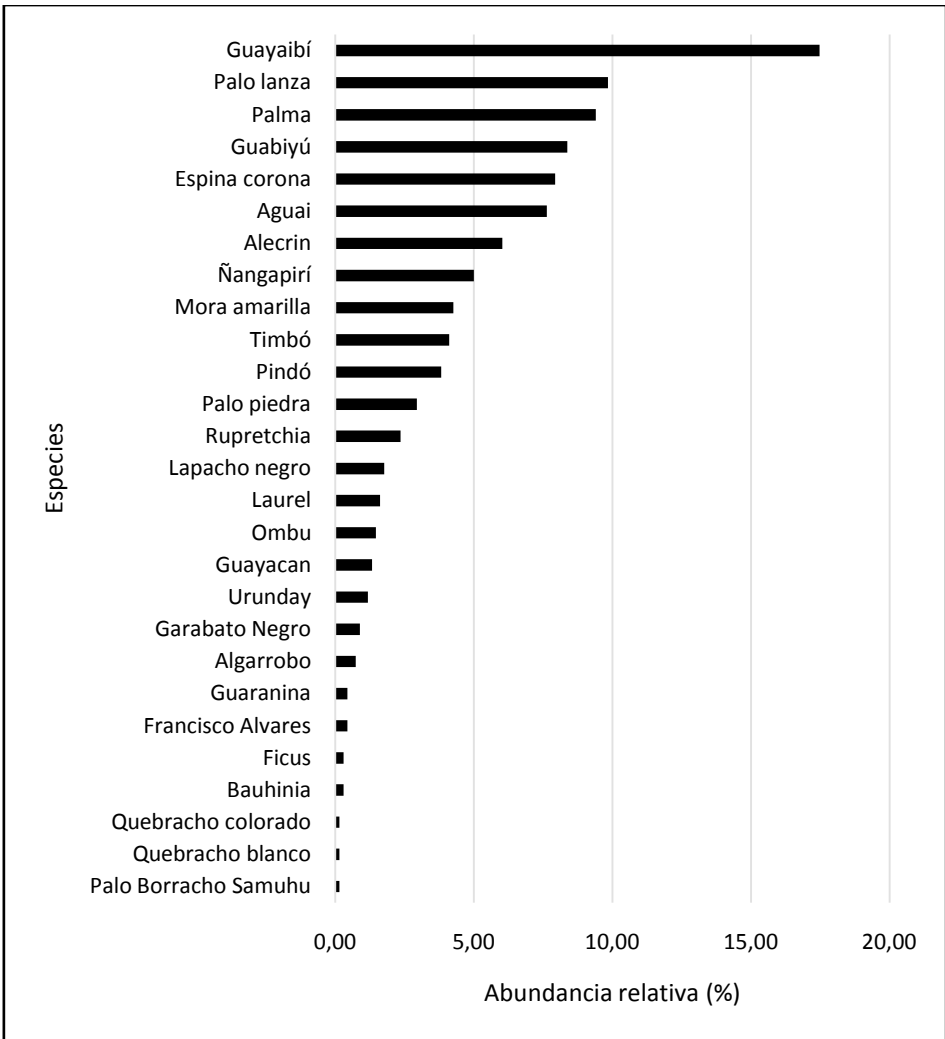




Gráfico 2. Pérdida de peso de muestras en laboratorio.

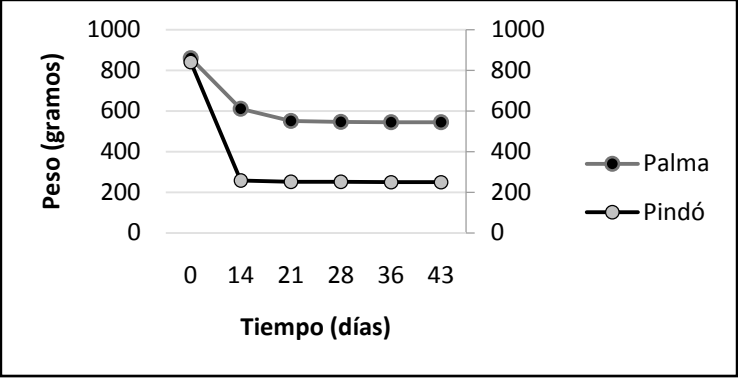


Gráfico 3. Emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel provincial. Chaco 2014

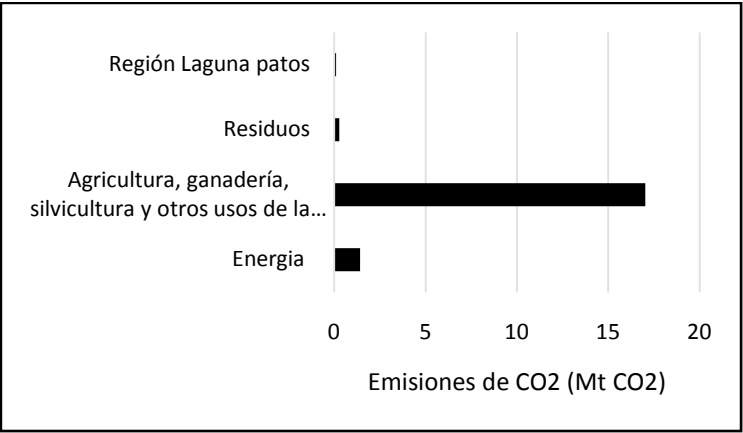
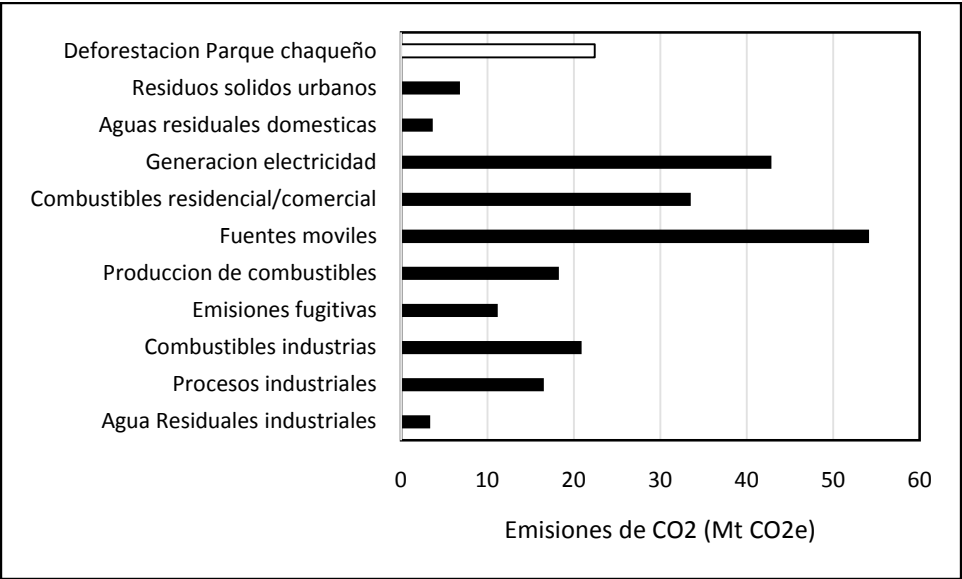


Gráfico 4. Emisiones CO<sub>2</sub> en Argentina 2014.



### 8.3 Figuras

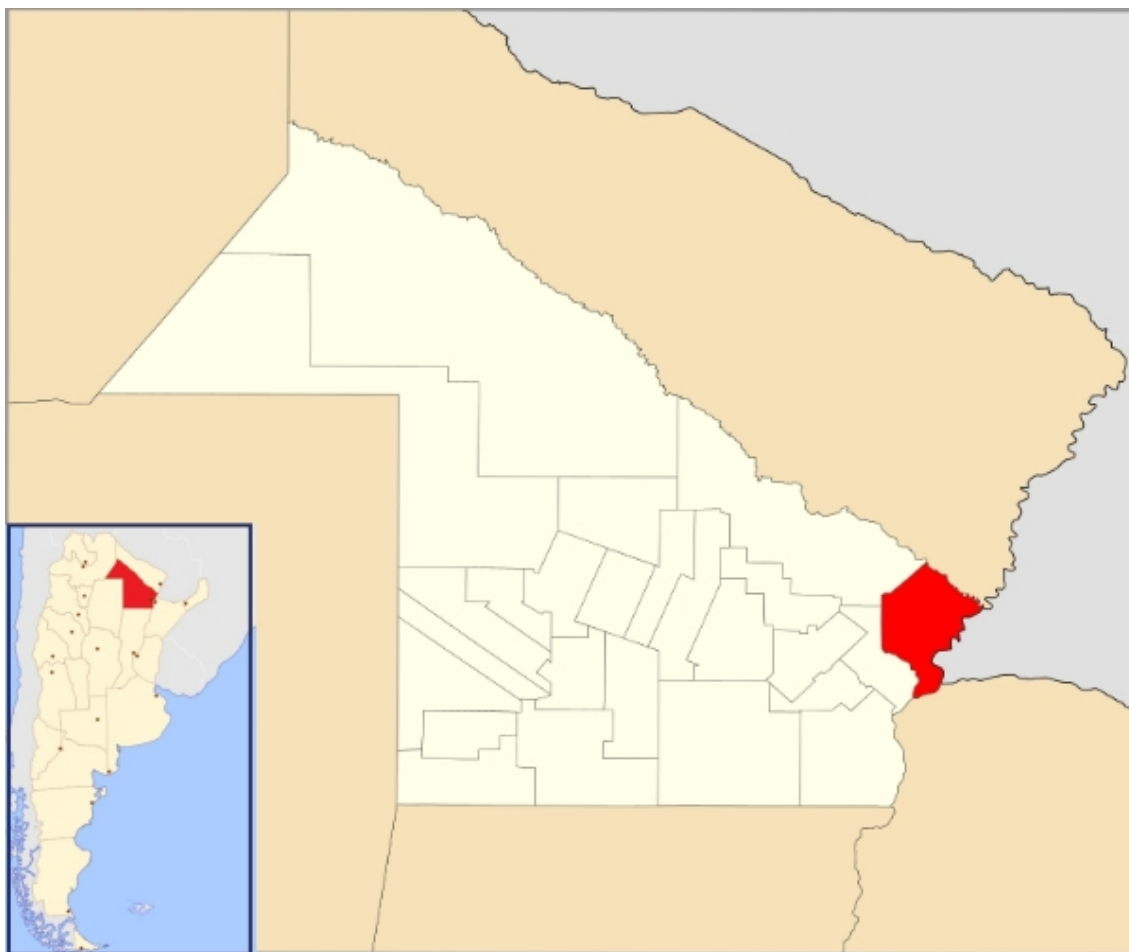


Figura 1. Mapa de la Provincia del Chaco con detalle del departamento de Bermejo

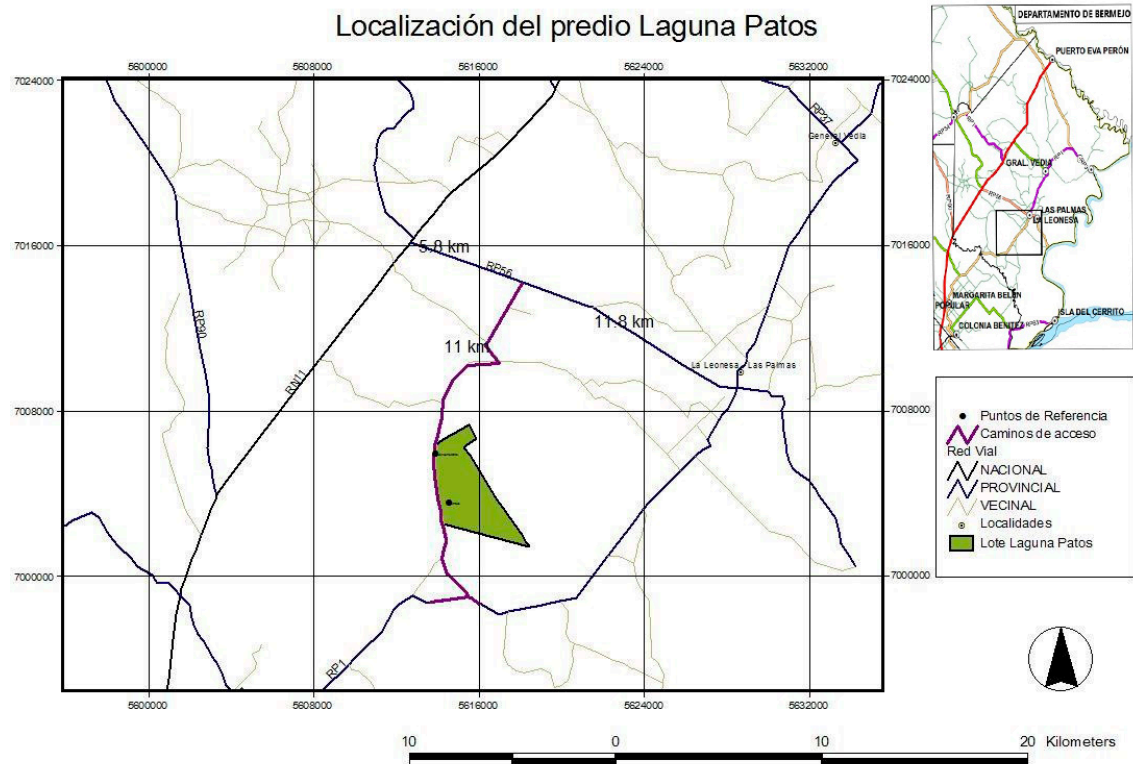


Figura 2. Mapa del predio Laguna Patos

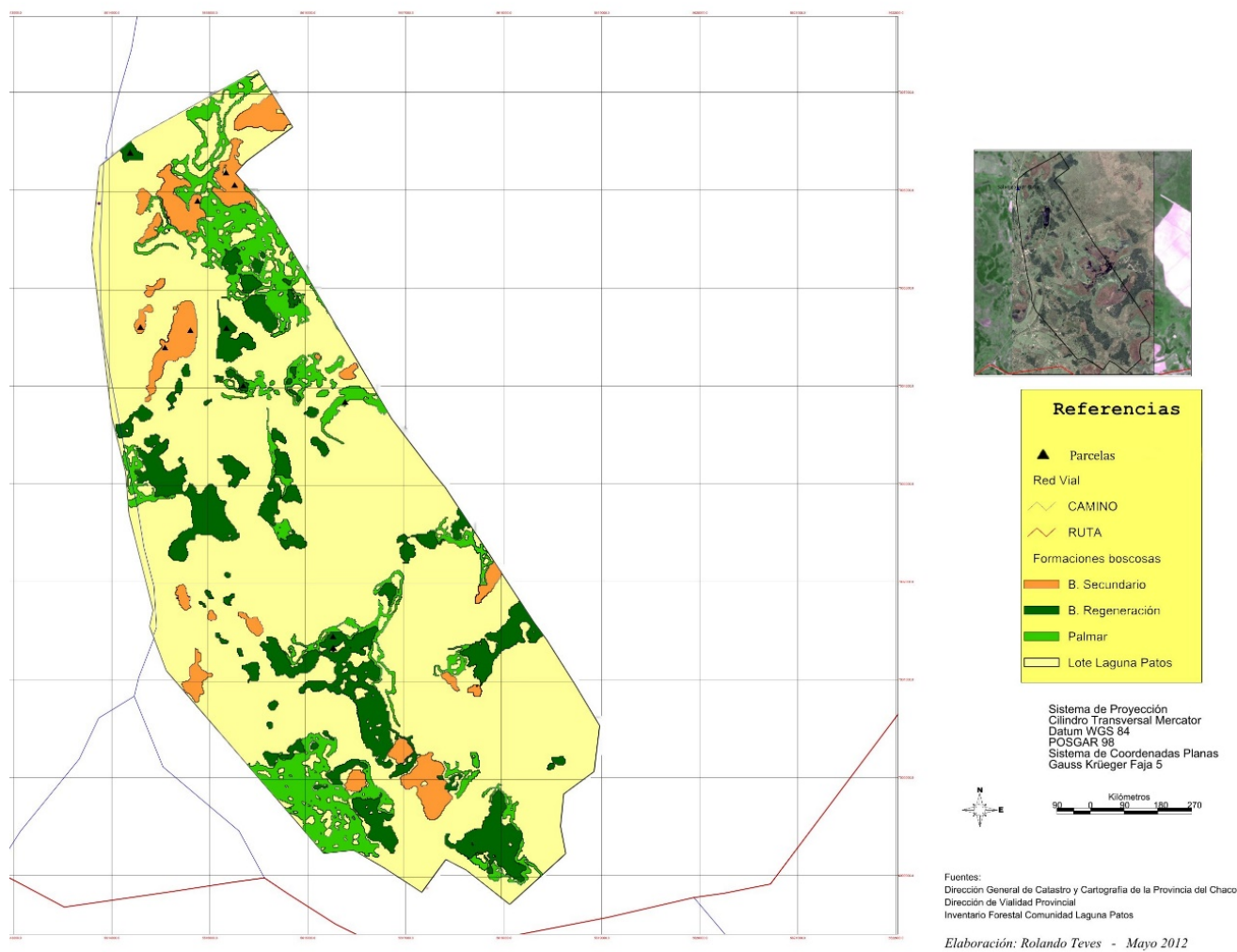


Figura 3. Mapa de Laguna Patos con los estratos analizados y la localización de las parcelas. INCUPO 2014

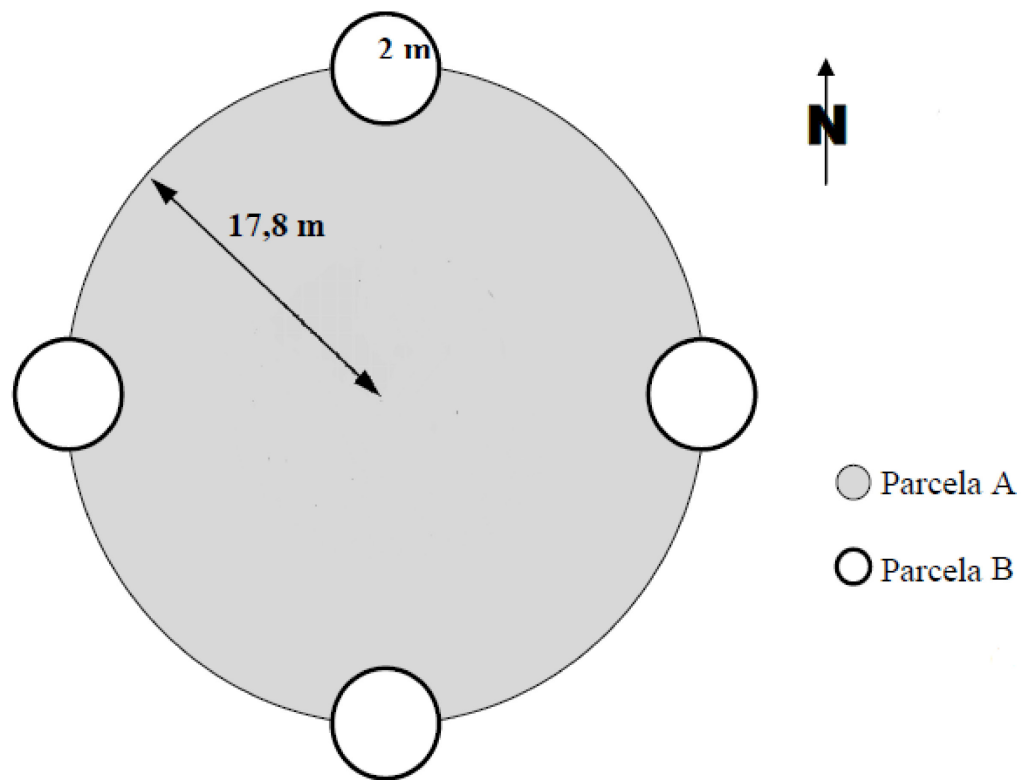


Figura 4. Croquis de la Unidad de muestreo.